

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Крамаренко Юрій Олександрович

**«Удосконалення методів підвищення якості теплоелектроцентралей
шляхом синтезу енергоефективних систем керування»,**

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво за спеціальністю
G6 Інформаційно-вимірювальні технології.

1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації і виконання індивідуального плану навчальної та наукової роботи.

Аспірант Крамаренко Юрій Олександрович виконав у повному обсязі Індивідуальний план виконання освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 60 кредитів ECTS виконана у повному об'ємі. Він успішно склав наступні дисципліни:

- іспит з навчальної дисципліни «Філософські засади наукового пізнання» (90 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Іноземна мова для аспірантів» (75 бали);
- іспит з навчальної дисципліни «Стратегії і тактики наукового дослідження» (90 балів);
- залік з навчальної дисципліни «Наукові засади та методологія досліджень в стандартизації, метрології та забезпеченні якості» (80 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Психологія, педагогіка та освітні технології у вищій школі» (82 бали);
- іспит з навчальної дисципліни «Професійна етика та наукове мовлення» (90 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Науково-дослідні основи стандартизації» (80 балів);
- іспит з навчальної дисципліни «Метрологія та інформаційно-вимірювальні

системи» (80 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Сучасні технології командної роботи та комунікації» (88 балів);

– залік з навчальної дисципліни «Управління якістю в системі технічного регулювання» (80 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Теоретичні засади інтелектуальної власності та трансферу технологій» (80 балів);

– залік з навчальної дисципліни «Сучасні методи управління якістю в науці та промисловості» (88 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Управління науковими проєктами» (75 балів);

– іспит з навчальної дисципліни «Кваліметрія» (82 бали);

– іспит з навчальної дисципліни «Методологія контролю якості» (80 балів);

– залік з науково-педагогічної практики (88 балів).

Всі заплановані види робіт були виконані своєчасно. Здобувач плідно співпрацював з науковим керівником протягом усього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) відіграють ключову роль у паливно-енергетичному комплексі, забезпечуючи одночасне виробництво електричної та теплової енергії з високим рівнем паливної утилізації. Центральним елементом ТЕЦ є теплофікаційна парова турбіна, ефективність і якість роботи якої визначають як енергетичні показники станції, так і надійність теплопостачання споживачів. В умовах сучасної енергосистеми, що характеризується зростанням нерівномірності електричних навантажень, інтеграцією відновлюваних джерел енергії, посиленням екологічних вимог і старінням основного обладнання, істотно зростає роль перехідних режимів роботи ТЕЦ.

Аналіз експлуатації теплофікаційних турбін показує, що значна частка паливних, енергетичних і ресурсних втрат виникає саме у перехідних режимах — під час зміни електричного та теплового навантаження, перемикань режимів «електрика–тепло», пусків і зупинок. У цих режимах проявляється конфлікт між різними цілями керування: мінімізацією питомої витрати палива, забезпеченням високої якості тепlopостачання, збереженням ресурсу обладнання, виконанням вимог до якості електроенергії та екологічних нормативів.

Існуючі системи автоматичного керування теплофікаційними турбінами, як правило, орієнтовані на локальне регулювання окремих параметрів і не враховують комплексного характеру якості роботи ТЕЦ у динамічних режимах. Чинні нормативні документи та методики оцінювання ефективності не містять формалізованих вимог до динамічних показників якості керування та не передбачають використання інтегральних і комплексних критеріїв для оптимізації перехідних процесів.

У зв'язку з цим актуальною є науково-прикладна задача розроблення методів керування теплофікаційними турбінами ТЕЦ у перехідних режимах на основі багатокритеріальної оптимізації, що дозволяє узгоджено враховувати енергетичні, динамічні, техніко-експлуатаційні та екологічні показники якості. Розв'язання цієї задачі має важливе значення для підвищення енергоефективності, надійності та конкурентоспроможності ТЕЦ в умовах сучасних викликів енергетики.

Мета і завдання дослідження.

Метою дисертаційної роботи є підвищення якості та енергоефективності роботи теплофікаційних турбін ТЕЦ у перехідних режимах шляхом розробки методів багатокритеріального керування на основі комплексного показника якості.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі наукові задачі:

1. Проаналізувати експлуатаційні режими теплофікаційних турбін ТЕЦ та фактори, що впливають на показники якості й ефективності у перехідних

режимах.

2. Розробити математичні моделі теплофікаційної турбіни та суміжних об'єктів ТЕЦ, придатні для аналізу й синтезу систем керування.

3. Формалізувати систему часткових і комплексного показників якості ТЕЦ, зокрема динамічних та інтегральних критеріїв.

4. Розробити метод визначення вагових коефіцієнтів показників якості залежно від цілей керування та режимів роботи.

5. Синтезувати енергоефективну систему керування теплофікаційною турбіною з урахуванням конфлікту «електрика-тепло».

6. Дослідити вплив різних критеріїв оптимізації на перехідні процеси та інтегральні втрати енергії.

7. Виконати експериментальну перевірку запропонованих методів на базі турбіни Т-100/120-130.

8. Розробити проєкт технічних умов, спрямованих на забезпечення високих показників якості теплофікаційних турбін ТЕЦ.

Об'єктом дослідження є процеси підвищення показників якості роботи компресорних установок газоперекачувальних станцій в нормальних режимах експлуатації.

Предмет дослідження є методи оцінювання та підвищення якості теплофікаційних турбін теплоелектроцентралей в нормальних режимах експлуатації.

Методи дослідження. У роботі використовуються методи теорії кваліметрії, стандартизації, системного аналізу та теорії автоматичного керування; методи математичного моделювання; методи лінеаризації нелінійних рівнянь; методи аналізу динамічних систем; інтегральні критерії якості; методи чисельної оптимізації параметрів регуляторів; методи експериментальних досліджень; методи статистичного аналізу; комп'ютерне моделювання.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тематика роботи відповідає закону України «Про пріоритетні напрями

розвитку науки і техніки» - новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі. Матеріали дисертації є узагальненням наукових результатів досліджень, отриманих автором на протязі 2023-2025 рр., які виконуються на кафедрі автоматизації, метрології та енергоефективних технологій Української інженерно-педагогічної академії (Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна), зокрема держбюджетна науково-дослідна робота № ФН-21-10 «Розробка алгоритмів та структур енергозберігаючих автоматизованих систем керування нагнітальними установками нафто- та газоперекачувальних станцій».

4. Особистий внесок дисертанта в отримання наукових результатів та їх новизна.

Особистий внесок дисертанта в отримання наукових результатів та їх новизна полягає у наступному:

1. Вперше визначено комплексний показник якості теплофікаційних турбін ТЕЦ, який узгоджує енергетичні, динамічні, техніко-експлуатаційні та екологічні вимоги.

2. Набули подальшого розвитку математичні моделі інтегральних втрат енергії в перехідних режимах теплофікаційних турбін ТЕЦ як основа формування енергетичних показників якості.

3. Набули подальшого розвитку методи визначення вагових коефіцієнтів показників якості теплофікаційних турбін ТЕЦ з урахуванням пріоритетів режимів «електрика-тепло».

4. Вперше запропоновано метод підвищення показників якості роботи теплофікаційних турбін ТЕЦ, заснований на синтезі автоматизованих систем керування та оптимізації їх параметрів.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, одержаних Крамаренко Ю.О. при проведенні досліджень за темою дисертаційної роботи, забезпечується використанням фундаментальних підходів і методів математичного моделювання, статистики, теорії гідрогазодинаміки. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в індексованих наукових журналах та доповідалися на міжнародних наукових конференціях. Висновки дисертаційної роботи є обґрунтованими.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Зниження питомої витрати палива у перехідних режимах. Запропоновані методи багатокритеріального керування дозволяють зменшити додаткові паливні витрати, що виникають у перехідних режимах теплофікаційної турбіни.

2. Зменшення інтегральних енергетичних втрат у перехідних процесах. Урахування інтегральних критеріїв якості у процесі синтезу керування дає змогу скоротити сумарні втрати енергії під час переходів між режимами.

3. Підвищення якості теплопостачання споживачів. Оптимізація за критерієм якості теплопостачання та комплексним показником якості дозволяє зменшити максимальні відхилення температури мережевої води. Скорочується час встановлення температури мережі, що безпосередньо підвищує комфорт та надійність теплозабезпечення споживачів.

4. Підвищення надійності та ресурсу обладнання. Застосування режимів керування з урахуванням пріоритету надійності та плавного перемикавання вагових коефіцієнтів забезпечує зниження динамічних навантажень на регулювальні клапани та проточну частину турбіни.

5. Покращення екологічних показників роботи ТЕЦ. Зменшення паливних та енергетичних втрат у перехідних режимах приводить до зниження питомих

викидів CO₂. Знижуються пікові викиди NO_x та CO за рахунок стабілізації режимів горіння.

6. Підвищення маневровості ТЕЦ в умовах змінних навантажень. Запропонований підхід забезпечує скорочення часу встановлення електричної потужності без погіршення якості теплопостачання, що підвищує здатність ТЕЦ брати участь у регулюванні навантаження енергосистеми та компенсувати нестабільність відновлюваних джерел енергії.

7. Методична та нормативна цінність результатів. Розроблені методи та алгоритми реалізовані у вигляді проекту технічних умов «Керування показниками якості теплофікаційних турбін ТЕЦ у перехідних режимах». Запропоновані чисельні норми (граничні значення перерегулювання, часу встановлення, інтегральних критеріїв) можуть бути безпосередньо використані при модернізації АСУ ТП, розробленні галузевих стандартів і технічних регламентів для теплофікаційних ТЕЦ.

Результати досліджень набули практичного застосування в системах автоматизованого керування Зміївської ТЕС ПАТ «Центренерго».

Отримані в процесі роботи нові наукові результати в напрямку підвищення показників якості роботи компресорних установок газоперекачувальних станцій використовуються у навчальному процесі Навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна у вигляді нових додаткових розділів до курсу лекцій з дисциплін «Сучасні методи та алгоритми систем автоматичного керування», «Автоматизовані системи управління технологічними процесами і об'єктами».

Основні теоретичні, розрахункові та експериментальні результати отримано здобувачем самостійно. Наукові положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи належать автору.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць, серед них: 4 статті у фахових виданнях України, апробовані на науково-технічних конференціях (опубліковано 8 тез доповідей в збірниках конференцій).

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Крамаренко Ю.О., Близниченко Г.С.** Оцінка впливу ефективності перетворювання теплоти в регенеративній системі турбоустановок електростанцій на показники якості їх роботи. *Збірник наукових праць «Машинобудування»*. Харків: УПА. №31. 2023. С.80-86.

Ключові слова: техніко-економічні показники, показники якості, турбоустановка, енергоблок, електростанція, енергозбереження

DOI: 10.32820/2079-1747-2023-31

URL: <https://periodicals.karazin.ua/engineering/article/view/25311/22711>

(Особистий внесок здобувача: удосконалено метод розрахунку параметрів теплової частини парових турбін, який дає можливість оперативно з достатньою точністю оцінювати зміну ефективності перетворювання теплоти в турбоустановці в залежності від зміни режиму роботи або зміни в конструкціях окремих елементів схеми. Отримано критерії, які характеризують ефективність перетворювання теплоти в елементах регенеративної ступеня та визначають якісні показники роботи турбіни, а саме: коефіцієнт корисної дії перетворювання теплоти у роботу, коефіцієнт втрат енергії в елементах регенеративної ступеня, коефіцієнти повертання теплоти).

2. **Крамаренко Ю.О., Дрозд В.А.** Підвищення якості насосних установок шляхом удосконалення систем керування. *Збірник наукових праць*

«Машинобудування». Харків: УІПА. №32. 2024. С.29-36.

Ключові слова: показники якості, нагнітальна установка, енергоблок, електростанція, енергозбереження

DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-32-29-36>

URL: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/312/237>

(Особистий внесок здобувача: визначено шляхи вирішення проблеми створення енергозберігаючих САУ технологічними об'єктами. Сформульовано вихідні наукові принципи. Викладено загальну процедуру створення та реалізації енергозберігаючих САУ нагнітачів при частотно-дросельному управлінні. Визначено аналітичні залежності, які встановлюють зв'язок між основними параметрами насосної установки – тиском та об'ємною подачею та параметрами керуючого впливу – частотою обертання насоса та положенням регулюючої засувки та, таким чином, являють собою модель управління).

3. Крамаренко Ю.О., Дрозд В.А. Підвищення якості систем керування насосними агрегатами шляхом використання частотно-керованого електроприводу. *Збірник наукових праць «Машинобудування»*. Харків: УІПА. №33. 2024. С.38-50.

Ключові слова: якість систем керування, насосний агрегат, енергозбереження, частотне керування

DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2024-33-38-50>

URL: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/322/247>

(Особистий внесок здобувача: визначено методи забезпечення максимально енергозберігаючого режиму: підтримка сталості $\cos\phi$; підтримка постійного ковзання; керуванням з використанням моделі двигуна; за допомогою пошукових алгоритмів. Наведено приклади підтвердження підвищення якості керованих процесів в перехідних і в усталених режимах та забезпечення суттєвого ресурсо- та енергозбереження шляхом використання для них частотно-регульованих асинхронних електроприводів з системою технологічної автоматики. Редагування).

4. Дрозд В.А., **Крамаренко Ю.О.** Підвищення показників якості потужних насосів електростанцій шляхом оптимізації систем автоматичного керування. *Збірник наукових праць «Машинобудування»*. Харків: УПА. №36. 2025. С.60-69.

Ключові слова: показники якості, енергоефективність, електростанція, насосні установки, система керування

DOI: <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2025-36-06>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/engineering/issue/view/1609/2244>

(Особистий внесок здобувача: запропоновано комплексного показника якості, що поєднує динамічні та енергетичні критерії. Побудовано графіки перехідних процесів для різних режимів керування. Виконано порівняння оптимізованих і неоптимальних налаштувань, які демонструють суттєве зменшення перерегулювання, скорочення часу перехідного процесу та зниження інтегральних помилок. Редагування).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. **Крамаренко Ю.О.**, Чернуха Р.Ю. До питання маневреності парових турбін електростанцій. *Збірник тез доповідей LV наукової студентської конференції Української інженерно-педагогічної академії* (м. Харків, 01-04 грудня 2020 р.): за заг. ред. О. В. Чернишенко ; Укр. інж.-пед. акад. Харків. 2020. С.324. <https://science.uepa.karazin.ua/zbirnik-tez-dopovidej-lv-naukovo%D1%97-studentsko%D1%97-konferenci%D1%97-uipa/>

2. **Крамаренко Ю.О.**, Чернуха Р.Ю. До питання маневреності парових турбін електростанцій. *Збірник тез доповідей LVII студентської наукової конференції Української інженерно-педагогічної академії* (м. Харків, 07-11 листопада) Укр. інж.-пед. акад.; за заг. ред. Г.С. Грінченко.: у 3-х т. Т.1. Харків. 2022. С.27.

<https://science.uepa.karazin.ua/zbirnik-tez-dopovidej-lvii-studentsko%D1%97-naukovo%D1%97-konferenci%D1%97-uipa/>

3. Харченко С.М., **Крамаренко Ю.О.** Покращення технікоекономічних характеристик експлуатації корпусів циліндрів високого тиску парових турбін в

пускових та змінних режимах. *Збірник тез доповідей LVI Студентської науково-практичної конференції. Том 2. Секції: Автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, фізики, електротехніки і електроенергетики, іншомовної підготовки, європейської інтеграції та міжнародного співробітництва.* Листопад 2021 р. Харків: УПА С.21. <https://science.uepa.karazin.ua/wp-content/uploads/2021/12/collection-of-abstracts-2.pdf>

4. Drozd Volodimir, **Kramarenko Yurii**. Analysis of power units of power plants as a control object. *Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення.* [матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, Харків. 14-15 березня 2023 року]. за заг. ред. д.т.н., проф. Р. М. Тріща, к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків: УПА. 2023. С.100. <https://science.uepa.karazin.ua/wp-content/uploads/2023/03/collection-of-abstracts-of-the-conference.pdf>

5. **Kramarenko Yurii**. The improvement of the technical-economic features to usages body cylinder of the high pressure of the steam turbines in activate and varying duty. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення».* 25-26 січня 2022. С.26. <https://science.uepa.karazin.ua/wp-content/uploads/2022/02/conference-materials-1.pdf>

6. Drozd Volodimir, **Kramarenko Yurii**. Information-metrological bases of the calculation worker travell about centrifugal pump. *Наука. Інновації. Якість.* [матеріали національного науковопрактичного форуму, Харків – 09-10 серпня 2022 року]. за заг. ред. к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків: УПА. 2022. С.43. https://ysc.in.ua/wp-content/uploads/2022/08/Zbirnyk_materialiv_forumu.pdf

7. Фурсова Т., **Крамаренко Ю.** Особливості розрахунку показників якості теплофікаційних турбін теплоелектроцентралей в умовах змінного навантаження. *Нові та нетрадиційні технології в ресурсо- та енергозбереженні:* матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (м. Одеса, 9–10 грудня 2025 р.). Одеський національний морський університет та ін. Одеса: Одеський

<http://rp.onmu.org.ua/handle/123456789/5310>

8. Kanjuk G.I., Fursova T.M., **Kramarenko Y.O.**, Bliznichenko H.S. Analysis of quality indicators of thermal power plants. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення» (III МНПК «ЯСМЗ»)*. (Харків, 28-29 січня 2025 р.). Харків: ХНУ ім.В.Н.Каразіна. 2025. С. 13. <https://zenodo.org/records/14933781>

Результати дисертаційної роботи повністю відображено в публікаціях.

8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності.

9. Оцінка структури, мови та стилю дисертації.

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступно для сприйняття. Дисертацію написано науковим стилем мовлення, структура дисертації відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження. Зміст, структура, оформлення дисертації та кількість публікацій відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44), наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

10. Відповідність змісту дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням, науковою новизною і практичною значимістю дисертаційна робота Крамаренко Ю.О. «Удосконалення методів підвищення якості теплоелектроцентралей шляхом синтезу енергоефективних систем керування» повністю відповідає Освітній програмі «Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення», яку акредитовано в ННІ «УПА» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна в рамках спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка. Здобувачем повністю виконано освітню та наукову складову третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

11. Результати обговорення та проведення презентації. Рекомендація дисертації до захисту.

Здобувач представив основні результати своєї дисертаційної роботи на розширеному засіданні кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна щодо попередньої експертизи дисертації (витяг з протоколу №11 розширеного засідання кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій від 16 березня 2026 р.) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На даному засіданні були присутні 19 співробітників із різних наукових та навчальних установ України. Дисертанту було задано 10 запитань, на які він надав вичерпні відповіді. Також виступили 2 науковці, які позитивно відізначались про дисертаційне дослідження Крамаренко Ю.О.

У рамках цього розширеного засідання було ухвалено одногolosно (19 голосів) рекомендувати дисертаційну роботу здобувача Крамаренко Юрія Олександровича «Удосконалення методів підвищення якості теплоелектроцентралей шляхом синтезу енергоефективних систем керування» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань G

Інженерія, виробництво та будівництво за спеціальністю G6 Інформаційно-вимірювальні технології.

Доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри автоматизації,
метрології та енергоефективних технологій
Навчально-наукового інституту
«Українська інженерно-педагогічна
академія» Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна



Геннадій КАНЮК